

Теорема. Если $G \subset D$ – произвольная компактно вложенная подобласть и $\frac{\delta}{d_S} \rightarrow 0$, то

$$\max_{S \in T_m, S \subset G} e(S) = \max_{S \in T_m, S \subset G} \sup_{x \in S} \|df(x) - A_m(x)\| \rightarrow 0 \text{ при } m \rightarrow \infty.$$

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 11-01-97021-р_поволжье).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Клячин В. А., Пабат Е. А. C^1 -аппроксимация поверхностей уровня функций, заданных на нерегулярных сетках // Сиб. журн. индустр. мат. – 2010. – Т. 13. – № 2. – С. 69–78.

И. А. Бородаев, В. С. Желтухин

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
igor-borodaev@yandex.ru*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА С ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ПЛАЗМОЙ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Высокочастотная (ВЧ) плазма пониженного давления широко используется в различных технологических процессах, в том числе для нанесения нанопокровтия серебра на мех [1]. В связи с этим разработана математическая модель взаимодействия наночастиц серебра с потоком плазмы ВЧ индукционного разряда пониженного давления. При давлениях $p=13.3 - 133$ Па, частоте электромагнитного поля $f=1.76$ МГц, мощности разряда $P_d = 0.5 - 4$ кВт, расходе газа $G < 0.2$ г ·

s^{-1} плазма обладает следующими характеристиками: степень ионизации не более $10^{-4} - 10^{-7}$, концентрация электронов $n_e \sim 10^{15} - 10^{19} \text{ м}^{-3}$, электронная температура $T_e = 1 - 4 \text{ эВ}$, температура атомов и ионов плазменном ступке $T_a = (3 - 4) \cdot 10^3 \text{ К}$, в плазменной струе $T_a = 350 - 700 \text{ К}$ [2].

Ввиду того, что диаметр наночастицы $((5-9) \cdot 10^{-9} \text{ м})$ много меньше толщины дебаевского слоя $(\lambda_D \sim 7 \cdot 10^{-5} \text{ м})$, условия применимости приближения сплошной среды не выполняются, и для моделирования взаимодействия наночастицы с плазмой необходимо использовать приближение молекулярной динамики [3].

Концентрация наночастиц Ag^+ в коллоидном растворе не превышает 10^5 м^{-3} . Поэтому можно рассмотреть процесс активации одной наночастицы, без учета влияния других наночастиц.

Модель построена в предположении, что наночастицы движутся со скоростью плазмообразующего газа так, что в системе координат, связанной с наночастицей, ионы неподвижны, а электроны колеблются синфазно с изменением напряженности электрического поля. Рассматривается элементарная ячейка с линейным размером $l = n_e^{-1/3}$, содержащая одну заряженную наночастицу серебра.

В одной наночастице содержится примерно

$$N \approx \frac{4\pi R^3}{3r_{Ag}^3} \sim 10^4 - 10^5$$

частиц серебра, где r_{Ag} – радиус атома серебра. При рекомбинации электрона с ионом Ag^+ выделяется энергия 7,5 эВ, которая почти в 3 раза больше энергии, необходимой для испарения атомов серебра с поверхности.

При каждом столкновении с электроном заряд наночастицы падает, а энергия увеличивается за счет суммы энергий рекомбинации и кинетической электрона. Из увеличения внутренней энергии наночастицы следует сначала ее нагрев до температуры плавления, затем происходит энергетическая затрата на плавление, затем нагрев до температуры испарения.

В результате расчетов установлены зависимости времени нейтрализации наночастицы и остаточного её объема от первоначального диаметра.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Райзер Ю. П., Шнейдер М. Н., Яценко Н. А. *Высокочастотный емкостный разряд: Физика. Техника эксперимента. Приложения.* – М.: МФТИ, 1995.

2. Абдуллин И. Ш., Желтухин В. С., Капалов Н. Ф. *Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях. Теория и практика применения.* – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000.

3. Митчнер М., Кругер Ч. *Частично ионизованные газы.* – М.: Мир, 1976.